

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica y Fisicoquímica de Genotipos Experimentales de Tomate
(*Solanum lycopersicum*) Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

BIBIANA PÉREZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica y Fisicoquímica de Genotipos Experimentales de Tomate
(*Solanum lycopersicum*) Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

BIBIANA PÉREZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Neymar Camposeco Montejo
Asesor Principal

Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2025

Derechos de Autor y Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarlas como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal

Bibiana Pérez Martínez

Bibiana Pérez Martínez

AGRADECIMIENTOS

A mi “**Alma Terra Mater**” la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas a esta noble institución, por ser el pilar fundamental en mi formación académica y profesional, y por brindarme los conocimientos, valores y experiencias que marcaron mi desarrollo como estudiante y como persona.

A mi asesor, el **Dr. Neymar Camposeco Montejo**, por su valiosa guía, confianza y apoyo brindado durante la elaboración de este trabajo. Su orientación, experiencia y compromiso académico fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Agradezco profundamente al **EIIPP** por brindarme la oportunidad de representar a mi universidad a nivel nacional e internacional. Por enseñarme el valor de la disciplina y la responsabilidad, así como darme grandes amigos y excelentes compañeros que inspiran y motivan a trabajar por una meta en común. Extendiendo un agradecimiento especial al **Dr. Juan Manuel Martínez Reyna**, nuestro entrenador, por su dedicación, guía y enseñanzas, que fueron fundamentales para alcanzar grandes sueños.

A Mis Amigos, **Oreste, Nelson, Anette, Consuelo, Paulina y Lupita**, su apoyo incondicional y su amistad sincera fueron pieza clave dentro de mi trayectoria universitaria.

En especial a mi mejor amigo **Luis Antonio**, por ser una fuente constante de apoyo, ánimo y confianza. Su amistad, motivación y colaboración fueron fundamentales para seguir adelante y culminar con éxito esta etapa y este proyecto.

DEDICATORIA

A Mis Padres

Susana Martínez Raya y Sergio Pérez Rodríguez, mi mayor inspiración y el motor que me ha impulsado a seguir adelante. Gracias por estar a mi lado en cada etapa de este camino, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por confiar siempre en mí. Aprecio profundamente cada sacrificio que hicieron para ayudarme a alcanzar mis objetivos, y lo llevo conmigo en cada logro.

A Mis Hermanos

Sergio, Mario y Andrés, les agradezco profundamente por ser un apoyo constante y por animarme en cada etapa de mi vida profesional. Sus consejos, comprensión y compañía han sido pilares esenciales que me han impulsado a superar retos y seguir adelante. Cada uno de ustedes, con su forma única de motivarme, ha dejado una huella imborrable en mi camino.

Dedico de manera especial a mi hermano **Andrés**, quien ha sido mi principal inspiración y el motor que me impulsó a superarme profesionalmente. Durante todo este proceso, me brindó su apoyo incondicional, guiándome con sabios consejos, con el firme propósito de que pudiera dar lo mejor de mí.

A Mis Hermanas

Lupita, Susi, Cari y Alejandra, quienes fueron una pieza importante en este camino. Levantándome el ánimo cuando estaba decaída, siempre haciéndome saber lo orgullosas que estaban de mí y recordándome que siempre estaban ahí para apoyarme. Su respaldo constante y sus palabras de aliento fueron fundamentales para que pudiera continuar con determinación y fuerza.

A Mis Sobrinos

Mi fuente de inspiración, que cada paso que doy les recuerde que los sueños sí se cumplen. Deseo que en mí encuentren un ejemplo a seguir y que nunca se rindan en la búsqueda de sus sueños.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. HIPÓTESIS	4
3.1. <i>HA</i>	4
3.2. <i>H0</i>	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Origen del cultivo	5
4.2. Descripción de la planta	6
4.3. Importancia de tomate a nivel nacional.....	7
4.4. Importancia a nivel mundial	8
4.5. Problemáticas en la producción de tomate	10
4.8. Mejoramiento genético.....	13
4.9. Métodos de mejoramiento genético para tomate	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1. Ubicación del sitio experimental.....	17
5.2. Material genético.....	17
5.3. Establecimiento de plántulas	18
5.4. Trasplante	18
5.5. Condiciones experimentales	18
5.6. Riego y nutrición	19
5.7. Labores culturales.....	20

5.8. Variables evaluadas.....	21
5.9. Análisis estadístico.....	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
6.1. Diámetro polar del fruto.....	23
6.2. Diámetro ecuatorial del fruto	24
6.3. Grosor de mesocarpio.....	25
6.4. Número de lóculos	26
6.5. Número de frutos por planta	27
6.6. Peso promedio del fruto	28
6.7. Rendimiento en kilogramos por planta.....	29
6.8. Rendimiento calculado en toneladas por hectárea	30
6.9. Solidos solubles totales.....	31
6.10. pH.....	32
6.11. Conductividad eléctrica (CE)	33
7. CONCLUSIONES.....	34
8. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales productores de tomate del mundo	9
Tabla 2. Composición Nutricional del Fertiliriego en el Cultivo de Tomate Determinado Bajo Invernadero.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación UAAAN Saltillo, Coahuila, México.	17
Figura 2. Genotipos experimentales de tomate (<i>Solanum Lycopersicum L.</i>) evaluados en el ciclo O-I del 2024 en un invernadero de la UAAAN.....	18
Figura 3. Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable diámetro polar del fruto, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	23
Figura 4. Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable diámetro ecuatorial del fruto, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	24
Figura 5. Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable del grosor de mesocarpio, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	25
Figura 6. Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable número de loculos, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	26
Figura 7. Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable número de frutos por planta, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	27
Figura 8. Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable de peso promedio de fruto, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	28
Figura 9 . Prueba de medias (Duncan $p\leq 0.05$), de la variable de rendimiento promedio en kilogramos por planta, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	29

Figura 10. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero	30
Figura 11. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de sólidos solubles totales, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.	31
Figura 12. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable PH, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero. ...	32
Figura 13. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de conductividad eléctrica, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero. ..	33

RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron ocho genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero, con el objetivo de analizar su comportamiento productivo y la calidad de sus frutos, así como su rendimiento. El experimento se desarrolló mediante un diseño de bloques completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Evaluando variables agronómicas (diámetro polar y ecuatorial, número de lóculos, número de frutos por planta, peso promedio del fruto, rendimiento por planta y por hectárea) y variables fisicoquímicas (sólidos solubles totales, pH y conductividad eléctrica). Los datos se analizaron mediante ANVA ($p \leq 0.05$) y la prueba de medias Duncan ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron que todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas entre los genotipos, lo que indica que existe variación genética entre ellos. En las variables agronómicas, el genotipo TD-0912 destacó por su mayor diámetro polar con 82.79 mm. En cuanto al diámetro ecuatorial, los genotipos sobresalientes fueron TD-0906, TD-0609, TD-0606, TD-0613 y TD-0612 con un rango de 67.65-64.67 mm. Para el grosor de mesocarpio, destaca TD-0609 con 10.2 mm. En las variables de número de lóculos, número de frutos por planta y peso promedio de fruto, los genotipos más sobresalientes fueron TD-0606, TD-0612, TD-0912, TD-0613, TD-0913, TD-0609 y TD-0906. Finalmente, en rendimiento, tanto en kilogramos por planta como en toneladas por hectárea, destaca el genotipo TD-0612 obteniendo 2.69 kg, y 96.83 ton/ha respectivamente. En las variables fisicoquímicas, el mayor valor de sólidos solubles totales se registró en el genotipo TD-0606, con 5.12, por otro lado, de igual manera el genotipo TD-0606 presentó el pH más alto con 5.07. La conductividad eléctrica fue superior en el genotipo TD-0909, con un valor de 674.13. Estos resultados permiten identificar genotipos con alto potencial productivo y calidad de fruto, con probabilidad de salida a mercado, previa validación con agricultores cooperantes.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, genotipos, invernadero, variables agronómicas y fisicoquímicas.

ABSTRACT

In this study, eight tomato (*Solanum lycopersicum*) genotypes were evaluated under greenhouse conditions to analyze their productive performance, fruit quality, and yield. The experiment was conducted using a completely randomized block design with eight treatments and three replications. Agronomic variables (polar and equatorial diameter, number of locules, number of fruits per plant, average fruit weight, yield per plant and per hectare) and physicochemical variables (total soluble solids, pH, and electrical conductivity) were evaluated. Data were analyzed using ANVA ($p \leq 0.05$) and Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$). The results showed significant differences among the genotypes for all evaluated variables, indicating genetic variation. Among the agronomic variables, genotype TD-0912 stood out for its larger polar diameter (82.79 mm). Regarding equatorial diameter, the outstanding genotypes were TD-0906, TD-0609, TD-0606, TD-0613, and TD-0612, with a range of 67.65–64.67 mm. For mesocarp thickness, TD-0609 stands out with 10.2 mm. In the variables of number of locules, number of fruits per plant, and average fruit weight, the most outstanding genotypes were TD-0606, TD-0612, TD-0912, TD-0613, TD-0913, TD-0609, and TD-0906. Finally, in yield, both in kilograms per plant and tons per hectare, the TD-0612 genotype stands out, obtaining 2.69 kg and 96.83 tons/ha, respectively. In the physicochemical variables, the highest value for total soluble solids was recorded in the TD-0606 genotype, with 5.12. Similarly, the TD-0606 genotype also presented the highest pH, with 5.07. Electrical conductivity was highest in the TD-0909 genotype, with a value of 674.13. These results allow for the identification of genotypes with high productive potential and fruit quality, with a probability of market entry, pending validation with cooperating farmers.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, genotypes, greenhouse, agronomic and physicochemical variables.

1. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), comúnmente llamado tomate rojo, forma parte de la familia Solanaceas. Se considera originario de diversas regiones de América del Sur, entre ellas Bolivia, Chile, Ecuador, Perú y las Islas Galápagos, además de México, país reconocido como el principal centro donde esta especie fue domesticada (SADER, 2017).

El jitomate es una hortaliza de gran relevancia a nivel mundial por su valor económico y sus aportes nutricionales, ya que forma parte esencial de la dieta humana y es ampliamente cultivado y comercializado en diversos países (INIFAP, 2023). Además, el jitomate desempeña un papel fundamental en la generación de empleos, en la entrada de recursos económicos provenientes de las exportaciones y en el incremento de los volúmenes comerciales, al ser una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, entre las principales variedades cultivadas destacan saladette, bola, cherry, cóctel y uva (SADER, 2025).

Con base en datos recientes del 2025, México cuenta con una superficie sembrada de 42,111.59 hectáreas de jitomate, de las cuales el 92.2 % están establecidas bajo condiciones de riego y un 7.8% de temporal. Este cultivo tiene presencia en prácticamente todo el país; sin embargo, los estados con mayor volumen de producción son Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Baja California Sur y Zacatecas, debido a sus condiciones agroclimáticas favorables y a la infraestructura tecnológica utilizada en sus sistemas de producción. Por otro lado, al considerar el rendimiento por hectárea, los estados que registran los mejores resultados productivos son Querétaro, Chihuahua, Morelos, Oaxaca y San Luis Potosí (DGSIAP, 2025).

El cultivo de tomate enfrenta diversas problemáticas fitosanitarias que afectan directamente su rendimiento. Entre las principales plagas que lo atacan se encuentran la mosca blanca, el pulgón verde, los trips, la araña roja, la palomilla, el perforador del fruto, la oruga de la hoja, el minador de la hoja y los nematodos (FAO, 2013) Además, el cultivo de tomate puede verse afectado por diversos patógenos que ocasionan pérdidas considerables, especialmente durante las etapas de floración y fructificación. Entre los más importantes se encuentran *Alternaria* spp.,

Botrytis cinerea, *Fusarium oxysporum*, *Xanthomonas campestris* y el virus del rizado, los cuales pueden reducir significativamente la calidad y el rendimiento del fruto (Salas *et al.*, 2022).

Gracias a mejoramiento genético, se han fijado características favorables en este cultivo, como un mayor rendimiento y mejor calidad del fruto, destacando atributos como su tamaño, forma color y sabor. Asimismo, se han optimizado factores químicos, entre ellos el contenido de sólidos solubles y el pH, además de incrementarse la resistencia a plagas y enfermedades (Acquiaah, 2012). Para fortalecer cualquier programa de mejoramiento genético es indispensable realizar una caracterización exhaustiva del germoplasma disponible, abarcando una amplia diversidad de materiales. La caracterización morfológica constituye una etapa inicial esencial, ya que permite identificar y describir las variaciones visibles entre los genotipos, proporcionando información valiosa sobre su variabilidad fenotípica. Este análisis no solo facilita la selección de individuos con características deseables para su incorporación en programas de mejoramiento, sino que también cumple un papel clave en la conservación y preservación de los recursos genéticos, asegurando su disponibilidad y aprovechamiento sostenible para futuras generaciones (Grozeva, 2020). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar características agronómicas y fisicoquímicas de distintos genotipos de tomate bajo condiciones de invernadero, con el propósito de identificar y seleccionar materiales con mayor potencial productivo y competitivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el potencial agronómico y fisicoquímico de ocho genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivados bajo condiciones de invernadero de baja tecnología.

2.2. Objetivos Específicos

Evaluar el rendimiento y componentes de rendimiento de ocho genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivados bajo condiciones de invernadero de baja tecnología.

Determinar el contenido de sólidos solubles totales, el pH y la conductividad eléctrica de los frutos de los ocho genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivados bajo condiciones de invernadero de baja tecnología.

Identificar los genotipos con mejor potencial de rendimiento y características fisicoquímicas.

3. HIPÓTESIS

- 3.1. H_A . Los genotipos de tomate bajo estudio presentaran diferencias significativas en su potencial agronómico y fisicoquímico del fruto.

- 3.2. H_0 . No existen diferencias significativas en el potencial agronómico y fisicoquímico de los genotipos de tomate utilizados en el estudio.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Origen del cultivo

El tomate es una especie originaria de Sudamérica, específicamente de la región andina, con presencia destacada en Perú y las islas Galápagos. Sin embargo, fue en México donde el tomate fue domesticado por primera vez y cultivado a gran escala, convirtiéndose en un alimento fundamental en la dieta mesoamericana. A finales del siglo X, el tomate fue introducido a Europa, donde su presencia quedó registrada en antiguos herbarios. En sus inicios, se cultivaba principalmente por el atractivo de sus frutos, su consumo como alimento fue limitado durante mucho tiempo debido a la creencia generalizada de que era una planta tóxica. No obstante, en países como España e Italia, comenzó a incorporarse a la gastronomía, dando origen con el tiempo a algunas de las recetas más emblemáticas de la cocina mediterránea (Jones, 1930).

Esta especie nunca fue encontrada en estado silvestre, por medio de trabajos de mejoramiento genético se ha ido incorporando a la especie original que hoy en día conocemos, utilizando especies silvestres emparentadas con mejores características, tales como: *Lycopersicon pimpinellifolium* Mill.; *L. hirsutum* Humb. Y Bonpl.; *L. peruvianum* (L.) Mill.; *L. glandulosum* C. H. Mul. Y *L. cheesmanii* Riley (Folquer, 1976).

Nuestros ancestros al paso del tiempo han ido desarrollando una gran diversidad de variedades de tomate, gracias al mejoramiento genético empleado, interfiriendo tanto en el color, forma y tamaño. Para nombrarlas, utilizaron el vocablo náhuatl *xitomatl*, que significa ‘fruto con ombligo’, y *tomatl*, que se denomina fruta gorda. En algunas regiones de México se emplea el término ‘jitomate’ haciendo referencia al tomate rojo, mientras que en el resto del mundo hispanohablante se utiliza simplemente “tomate”. Esta diferenciación también se refleja en otras lenguas, donde el nombre del fruto guarda relación con su denominación náhuatl o con la forma en que se adoptó el término en español (Lesur, 2009).

4.2. Descripción de la planta

Solanum lycopersicum L., o mejor conocido como tomate, pertenece a la familia de las solanáceas. Es una planta herbácea, con ciclo de vida perenne en su hábitat natural, en la agricultura suele cultivarse como una especie anual debido a su alta sensibilidad a las heladas y a las condiciones climáticas. El ciclo de vida del tomate está determinado en gran medida por la variedad cultivada, ya que existen tipos de crecimiento determinado, que producen frutos en un periodo más corto, y de crecimiento indeterminado, que pueden seguir desarrollándose y fructificando en condiciones óptimas durante períodos más largos (Rodríguez *et al.*, 2001).

4.2.1. Raíz

El sistema radicular del tomate es ramificado y está conformado por una raíz principal de tipo pivotante, de la cual se desprenden numerosas raíces secundarias que se extienden lateralmente en el suelo (Quirós, 2022).

4.2.2. Tallo

El tallo del tomate es verde, grueso, anguloso y cubierto de vellosidades finas. Su diámetro varía entre 2 y 4 cm, afinándose hacia la parte superior. Del tallo principal se originan ramas secundarias, nuevas hojas y racimos florales. En la parte terminal se encuentra el meristemo apical, encargado de producir los primordios foliares y florales (Monardes 2009).

4.2.3. Hojas

Las hojas son compuestas imparipinnadas, terminan en un folíolo apical y presentan un número variable de foliolos, el cual depende en gran medida de las condiciones ambientales y del hábito de crecimiento de la planta (Escobar y Lee, 2001).

4.2.4. Flores

Las flores del tomate se agrupan en racimos ramificados que aparecen en el tallo, generalmente en posición opuesta por debajo de las hojas. El primer racimo surge entre el sexto y duodécimo entrenudo, sus flores son pequeñas, con una corola amarilla dividida en cinco lóbulos en forma de rueda y pétalos alargados y curvados

hacia atrás. El cáliz posee cinco sépalos largos y delgados que, aunque inicialmente son más cortos que los pétalos, crecen y se mantienen adheridos durante la maduración del fruto. Los cinco estambres están dispuestos alrededor de la corola, con anteras grandes unidas en forma de tubo que se abren por hendiduras longitudinales internas (Tracy,2009).

4.2.5. Fruto

El fruto del tomate es una baya de forma globosa que adquiere un color rojo intenso al alcanzar su madurez fisiológica. Su superficie puede ser lisa o presentar ligeras hendiduras, dependiendo de la variedad o genotipo. En el interior del fruto se observan lóculos carpelares bien definidos, cuyo número y tamaño varían según el material genético. Anatómicamente, el fruto está conformado por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas, los cuales en conjunto determinan su estructura, textura y calidad (Suriel y Victoriano, 2020).

4.2.6. Semillas

La semilla presenta una forma ovalada y aplanada, con color grisáceo y una superficie recubierta de finas vellosidades. Su longitud promedio varía entre 3 y 5 mm. Cuando se almacenan en condiciones apropiadas, es decir, en un ambiente fresco, seco y con baja humedad relativa, las semillas pueden conservar su viabilidad por un periodo de cuatro años o incluso más, manteniendo su capacidad germinativa y vigor (Saavedra Del Real, 2019)

4.3. Importancia de tomate a nivel nacional

El tomate es uno de los cultivos más importantes en México, ya que forma parte de uno de los cultivos básicos de la alimentación, además de presentar un aporte tanto económico como nutricional. Se caracteriza por su alto contenido de vitaminas (A, B1, B2 y C) y minerales esenciales como calcio, fósforo, potasio y sodio. Además, destaca por su aporte de compuestos antioxidantes, siendo el licopeno el más representativo. (SADER, 2022). México ocupa un lugar destacado en la producción y comercialización a nivel global gracias a su capacidad productiva. De acuerdo

con datos recientes de FAOSTAT (2023), México se posiciona en el séptimo lugar en la producción mundial de tomate. Del total de sus exportaciones, el 77.87% corresponde a la presentación fresca, lo que refleja la alta demanda de este producto tanto en los mercados externos como internos, que valoran su calidad, frescura y trazabilidad. Esta dinámica ha permitido que México alcance una participación del 25.11% en el mercado internacional del tomate, consolidándose como uno de los principales exportadores a nivel mundial (SAGARPA, 2017).

Los estados con mayor superficie sembrada de tomate en México son Puebla con 60,087.31 ha, seguido por Zacatecas con 58,167.20 ha y Guanajuato 54,358.55 ha, por otro lado, en cuanto a la producción en toneladas, los estados líderes son Sinaloa con 1,580,359.98, Guanajuato 1,316,169.03.

En términos de rendimiento de tonelada por hectárea, los estados con mejores resultados son:

1. **Coahuila:** 79.80 t/ ha
2. **Nuevo León:** 56.06 t/ ha
3. **Querétaro:** 48.38 t/ ha
4. **Baja California Sur:** 45.80 t/ ha
5. **Sinaloa:** 38.62 t/ ha (SIACON, 2024)

4.4. Importancia a nivel mundial

El tomate es una baya ampliamente utilizada en la alimentación, siendo un ingrediente esencial en diversas cocinas alrededor del mundo. Se utiliza en una amplia variedad de platillos, como ensaladas frescas, salsas caseras, pastas y muchos otros platos. Su versatilidad y sabor lo convierten en un componente fundamental en la gastronomía global (Bihon, 2022).

El tomate constituye uno de los cultivos más relevantes y extensamente cultivados a nivel mundial, debido a su importancia en la seguridad alimentaria y su contribución significativa a la economía de numerosos países. A nivel global, China se posiciona como el principal productor, concentrando aproximadamente el 53.45 % de la producción total. Seguido por India y Turquía, que también destacan por su

considerable participación en el volumen mundial de producción (Tabla 1). En cuanto al rendimiento promedio por hectárea Bélgica lidera con el 452.6 t/ha seguido por Suecia con 437 t/ha y Países Bajos 410.1 t/ha. En la actualidad, el consumo de tomate es mayor en los países desarrollados, donde suele considerarse un producto de alto valor (FAOSTAT, 2023). En naciones como Israel, este cultivo forma parte fundamental de la dieta y su disponibilidad influye directamente en el índice de precios al consumidor. En los países en desarrollo, el tomate está adquiriendo cada vez más relevancia dentro de la alimentación, por lo que los productores se enfocan en aumentar los volúmenes de producción más que en mejorar la calidad. El desarrollo de nuevas variedades con mayor resistencia a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas permitirá ampliar las áreas de cultivo hacia zonas menos favorables, fortaleciendo la sostenibilidad y estabilidad productiva del tomate. (Javadekar, 2016).

Tabla 1. Principales productores de tomate del mundo

Posición	País	Producción (ton)
1	China	140,334,360.5
2	India	20,425,000
3	Turquía	13,300,000
4	Estados Unidos de América	12,370,057
5	Egipto	6,211,015.9
6	Italia	6,016,050
7	México	4,394,806.9
8	Brasil	4,166,017
9	España	3,968,460
10	Nigeria	3,803,598.2

4.5. Problemáticas en la producción de tomate

En México, la agricultura ha sido históricamente uno de los sectores más representativos a nivel internacional y un motor esencial para el desarrollo económico del país (SADER, 2023). No obstante, los efectos del cambio climático han provocado impactos negativos significativos en la actividad agrícola (Vargas, 2025). Este fenómeno ha intensificado los desafíos del sector, dificultando progresivamente la producción de cultivos de alta demanda, como el tomate.

La prolongada sequía, agravada por las variaciones climáticas, ha provocado una grave escasez de agua que afecta directamente la producción. Asimismo, los inviernos más cálidos han favorecido la proliferación y expansión de plagas y enfermedades, que avanzan sobre zonas tradicionalmente destinadas al cultivo del tomate. Aunque las plantas de tomate no son especialmente frágiles, presentan cierta sensibilidad, especialmente durante sus etapas tempranas de desarrollo y floración, cuando emergen sus características flores amarillas. Como resultado de estas condiciones adversas, muchas flores abortan y se marchitan antes de completar su desarrollo, e incluso aquellas que habían sido polinizadas caen prematuramente, impidiendo la formación del fruto (Borunda, 2022).

Otra problemática que enfrenta el cultivo de tomate son los problemas fitosanitarios, los cuales han puesto en riesgo la rentabilidad del cultivo, reduciendo los rendimientos y, en consecuencia, afectando la economía de los agricultores. Entre los principales problemas fitosanitarios se encuentran diversas plagas, tales como pulgones, mosca blanca, trips, araña roja, ácaro del bronceado, gusano soldado del fruto, gusano alfiler, minador de la hoja y nematodo agallador, así como enfermedades de importancia agrícola, entre ellas el compejo damping-off o pudrición radicular (marchitez), marchitez por *Verticillium*, moho gris, tizón tardío, tizón temprano, cenicilla polvorienta, moho de las hojas, moho blanco, cáncer bacteriano, peca bacteriana, mancha bacteriana, virosis y virus rugoso del tomate, las cuales comprometen significativamente la producción y la calidad del fruto (CESAVEG, 2023).

4.6. Alternativas para mejorar la producción

La población mundial alcanzó los 8 000 millones de personas, y las proyecciones demográficas señalan que este crecimiento continuará durante las próximas décadas. Se prevé que la población siga en aumento entre 50 y 60 años más, hasta llegar a un máximo de aproximadamente 10 300 millones de habitantes hacia mediados de la década de 2080 (ONU, 2022). Por lo tanto, la agricultura enfrenta grandes desafíos, pues debe incrementar su producción para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos, especialmente en los países en desarrollo que dependen directamente de este sector. Además, el constante aumento de la urbanización intensifica la presión sobre los recursos agrícolas y la disponibilidad de tierras cultivables (FAO, 2009). El incremento de la población mundial impulsa al sector agrícola a implementar estrategias tecnológicas orientadas a optimizar la producción hortícola por superficie disponible la incorporación de tecnologías avanzadas (INIFAP, 2023). Permitiendo controlar factores ambientales como la temperatura y la humedad, además de automatizar el manejo de recursos esenciales como la fertilización y el riego. Estas prácticas, junto con otras técnicas adecuadas, contribuyen a aumentar el rendimiento y la producción, además de posibilitar la cosecha durante todo el año (Torres, 2017). Lo que equivale al 62 % del total de la producción proveniente de la agricultura protegida (INEGI, 2023). Otra alternativa que mejora la calidad y eficiencia en la producción de alimentos es el sistema hidropónico. Este método permite cultivar una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie o volumen, optimizando el uso de recursos y aumentando la productividad. Al no utilizar suelo, reduce la presencia de hongos y bacterias, evita la erosión y protege la calidad del medio ambiente. Esta técnica representa una solución sostenible ante la disminución de las zonas agrícolas disponibles, consecuencia del avance constante de la urbanización (Albuja *et al.*, 2021).

El empleo de sustratos completamente libres de patógenos se ha convertido en una alternativa que favorece la protección del medio ambiente y garantiza la producción de cultivos de alta calidad. La degradación y pérdida de fertilidad de muchos suelos agrícolas, ocasionadas por la sobreexplotación y la variabilidad de sus características físicas y químicas, han limitado su capacidad productiva. Ante esta

situación, se ha optado por implementar sistemas de cultivo en macetas o contenedores, los cuales permiten un mayor control sobre las condiciones del crecimiento vegetal, una mejor utilización de los recursos y una producción más estable y sustentable (Cruz *et al.*, 2013). Por otro lado, la selección y desarrollo de nuevas variedades vegetales, el sector agrícola ha logrado incrementar significativamente la producción y la calidad de los cultivos. Estas variedades no solo presentan un mayor rendimiento por unidad de superficie, sino que también muestran una mejor adaptación a diversas condiciones ambientales. Además, poseen una mayor resistencia a plagas y enfermedades, lo que reduce la necesidad del uso de agroquímicos y contribuye a una producción más sostenible (SADER, 2020).

4.7. Importancia de evaluación agronómica

En el mejoramiento genético se consideran tres criterios fundamentales para la selección de variedades: la eficiencia productiva, la calidad del fruto y la resistencia a enfermedades, los cuales garantizan un cultivo más rentable, competitivo y sostenible (González *et al.*, 2018). Por ello, la selección y evaluación resultan esenciales para obtener buenas combinaciones que integren material genético de interés. Este proceso puede incluir la realización de cruzamientos, la introducción de germoplasma y la aplicación de técnicas de ingeniería genética (Ceccarelli, 2014). La caracterización resulta fundamental para aprovechar de manera eficiente su potencial en los programas de fitomejoramiento. Este proceso permite identificar, evaluar y conservar los recursos genéticos disponibles, lo que facilita la selección de materiales con características agronómicas sobresalientes. A través de ello, se optimiza el desarrollo de nuevas variedades mejoradas, contribuyendo al incremento sostenible de la productividad y a la adaptación de los cultivos frente a diferentes condiciones ambientales (Bebeli, 2010).

4.8. Mejoramiento genético

El mejoramiento genético es un proceso que consiste en un conjunto de métodos y estrategias destinadas a modificar y optimizar genéticamente las plantas cultivadas (IEQFB, 2024). Gracias a ello, se ha logrado al menos un 50 % del incremento en los rendimientos de los cultivos. Sin este avance, no se habría alcanzado el nivel de desarrollo agrícola en la actualidad (Muñoz, 2011). A principios del siglo XX, el surgimiento de la genética y los principios mendelianos de la herencia, marcaron un avance en la mejora genética de los cultivos. Esto permitió aplicar métodos de selección de líneas y cruzamientos entre progenitores cuidadosamente escogidos, con el objetivo de identificar y conservar en sus descendientes los rasgos deseados. Desde entonces, la mejora genética del tomate ha sido constante y, en las últimas décadas, ha incorporado avances importantes en la vida útil del fruto, su calidad y valor nutricional. Además, los desafíos impuestos por el cambio climático han llevado a desarrollar nuevas variedades con tolerancia a sequía, temperaturas extremas, salinidad, así como resistencia a plagas y enfermedades (Lozano *et al.*, 2024). El desarrollo de nuevas variedades de tomate ha permitido seleccionar genotipos con fines agroindustriales que satisfacen las exigencias del mercado y de la industria. A través de programas de mejoramiento genético se han logrado avances significativos en características en sus atributos físicos (sabor, color, tamaño y forma) así como en sus propiedades fisicoquímicas (materia seca, sólidos solubles y pH). Estos esfuerzos buscan optimizar este cultivo, destinado tanto al procesamiento industrial como al fortalecimiento de sus características agronómicas, promoviendo una mayor productividad y adaptabilidad a diversas condiciones de cultivo (Palomo *et al.*, 2010). Teniendo como objetivo principal alcanzar altos rendimientos y optimizar la calidad del tomate. (Ouyang *et al.*, 2021). En las últimas décadas, el mejoramiento genético de plantas autógamas, como el tomate, ha mostrado un notable avance. Entre los métodos tradicionales más empleados se encuentran la hibridación, que consiste en el cruzamiento de individuos con distintos genotipos, y la selección, que incluye técnicas como la selección masal, por pedigree y el retro cruzamiento. Aunque estos métodos

requieren más tiempo para obtener resultados significativos, han sido fundamentales en el desarrollo del mejoramiento genético (REBIOL, 2021).

Dado que el tomate es una especie autógama, es necesario evitar la autofecundación mediante un procedimiento denominado emasculación, el cual consiste en remover los órganos masculinos (anteras) de la flor antes de la liberación del polen, con el fin de impedir la fertilización propia. Posteriormente, el polen de una línea donadora seleccionada se transfiere manualmente al estigma de la flor emasculada, realizando así una hibridación controlada entre dos genotipos con características complementarias. Este procedimiento se aplica cada vez que se pretende combinar líneas genéticamente diferentes, ya sea con el propósito de obtener nuevas líneas parentales, desarrollar híbridos experimentales o producir semilla comercial de alto valor genético. (Saavedra Del Rio y González, 2005).

4.9. Métodos de mejoramiento genético para tomate

El mejoramiento genético de plantas surge como una práctica intencional del ser humano orientada a acelerar los procesos evolutivos naturales de las especies vegetales. A través de la selección y manipulación dirigida, se busca desarrollar nuevas variedades e híbridos con características que representen ventajas agronómicas, tales como un mayor rendimiento, así como mayor tolerancia frente a plagas, enfermedades y factores ambientales adversos. En este sentido, el mejoramiento genético constituye una herramienta esencial para incrementar la productividad y sostenibilidad agrícola (Vallejo y Estrada, 2013). Esta práctica, empleada por agricultores en todo el mundo, se consolidó como una ciencia aplicada a partir del desarrollo de los conocimientos en genética y herencia. Lo que anteriormente implicaba prolongados procesos de selección empírica, hoy se ha optimizado mediante el uso de técnicas de mejoramiento genético, permitiendo la obtención de variedades con características superiores, así como mayor resistencia a plagas, enfermedades, sequías y condiciones climáticas adversas.

Para el mejorador de plantas, aplicar estas metodologías es esencial para desarrollar genotipos deseados:

1. Generar semillas que reproduzcan el genotipo buscado.
2. Aprovechar al máximo la variabilidad genética existente.
3. Crear nueva variabilidad mediante hibridación y recombinación.
4. Evaluar la descendencia para identificar el genotipo superior.
5. Controlar la floración y la polinización
6. Reducir los efectos del ambiente y del error experimental para aumentar la heredabilidad (Camarena *et al.*, 2014)

Entre los principales métodos utilizados en el mejoramiento genético de plantas autógamas se encuentran los siguientes:

Selección masal

Este método es el más antiguo, consiste en elegir materiales con base en las características visibles que resultan más favorables tanto para el cultivo como para los productores. Entre los rasgos considerados se incluyen el vigor, el tamaño, la forma y el color del fruto, entre otros. El propósito fundamental de este tipo de selección es mejorar la población en su conjunto, seleccionando los fenotipos que exhiben las mejores cualidades y agrupando los genotipos que presentan un desempeño superior respecto a los atributos deseados (Angulo y Ortiz, 2020).

Pedigree

El método por pedigree es una técnica clásica y ampliamente utilizada en el mejoramiento genético de plantas autógamas, ya que permite combinar y fijar características deseables de dos progenitores. Su principio se basa en la selección individual y en el registro detallado de la genealogía de cada planta.

El proceso inicia con una generación F1, proveniente del cruce entre dos progenitores con características de interés. Esta se autofecunda para formar la población F2, donde comienza la selección de plantas individuales con los rasgos más favorables, registrando su historial genealógico para dar seguimiento a las líneas en las generaciones siguientes (Fulton y Koebne, 2018).

Hibridación

La hibridación es una técnica fundamental en el mejoramiento de plantas cultivadas, ya que permite aprovechar el vigor híbrido y transferir características genéticas de interés. Este proceso favorece la variabilidad fenotípica, mejora la adaptación a distintos ambientes, incorpora alelos valiosos y estimula una diversidad genética amplia, lo que puede conducir a la formación de especies híbridas con mayor potencial productivo y adaptativo (Goulet *et al.*, 2017)

Descendencia única de semilla o Single Seed Descent (SSD)

El método SSD (Single Seed Descent) es una técnica utilizada en el mejoramiento genético de plantas para obtener líneas puras en un menor número de generaciones. Este procedimiento se fundamenta en la endogamia continua, partiendo de una población F2, que se genera a partir del cruce entre dos progenitores previamente endogámicos. A partir de esta población F2, se selecciona una sola semilla de cada planta para conformar la siguiente generación (F3). El mismo proceso se repite en las generaciones sucesivas, tomando siempre una semilla por individuo, hasta alcanzar el nivel de homocigosis requerido para la fijación de los caracteres genéticos (Gajghate *et al.*, 2018).

Marcadores moleculares

La selección asistida por marcadores moleculares (SAM) constituye una herramienta biotecnológica de gran precisión que permite a los mejoradores identificar y seleccionar plantas que poseen características genéticas de interés en cualquier fase de su desarrollo. Esta metodología se fundamenta en la detección de secuencias de ADN asociadas con rasgos productivos o agronómicos específicos. En el caso del tomate, los marcadores moleculares se emplean de manera rutinaria para verificar la pureza genética de las semillas híbridas y garantizar la uniformidad del material de siembra. Asimismo, la SAM se utiliza en los programas de mejoramiento genético para analizar germoplasma mediante marcadores ligados a genes de resistencia a enfermedades. (Arruabarrena *et al.*, 2015).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en el ciclo agronómico otoño – invierno, 2024. Bajo condiciones de invernadero, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN) Saltillo, Coahuila, México (Figura 1). Que se encuentra dentro de las coordenadas geográficas, 25° 21' 15.52" N de latitud y 101° 2' 3.54" O de longitud y a una altitud de 1, 776 msnm (Google Earth, 2025).

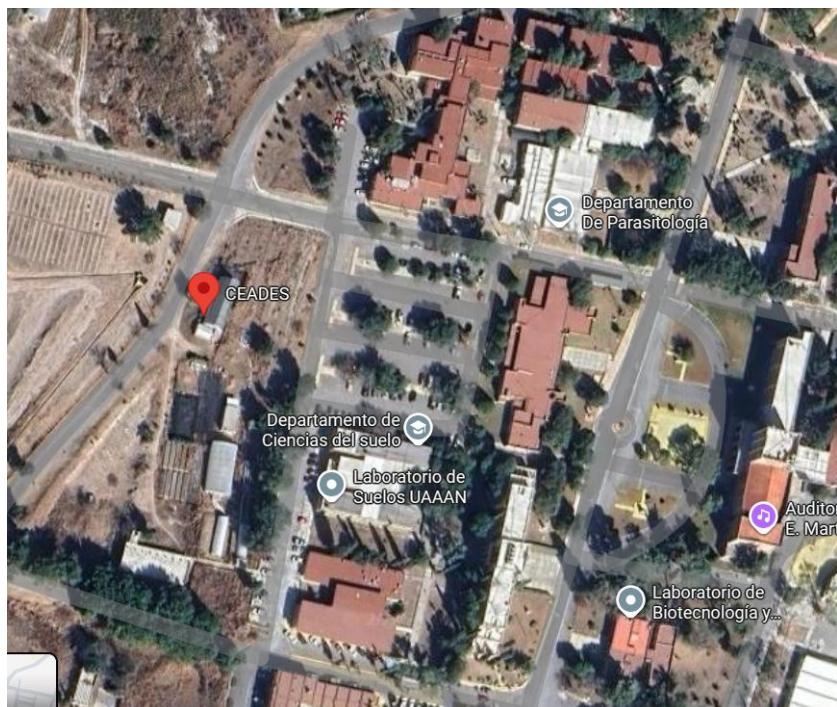


Figura 1. Ubicación invernadero UAAAAN Saltillo, Coahuila, México (Google Maps, 2025).

5.2. Material genético

Se utilizaron 8 genotipos experimentales de tomate de crecimiento determinado (Figura 2). Del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAAN, que pertenecen al proyecto de producción de granos y semillas.



TD= Tomate determinado

Figura 2. Genotipos experimentales de tomate (*Solanum Lycopersicum*) evaluados en el ciclo O-I del 2024 en un invernadero de la UAAAAN.

5.3. Establecimiento de plántulas

El 8 de julio de 2024 se realizó la siembra en charolas de polietileno con capacidad de 200 cavidades. Se utilizó una mezcla de sustrato compuesta por 70% de peat moss y 30% de perlita. Para asegurar una alta tasa de germinación, se sembraron dos semillas por cavidad, las cuales fueron posteriormente cubiertas con una ligera capa del mismo sustrato.

5.4. Trasplante

Un mes después de la siembra, el 8 de agosto de 2024, las plántulas fueron trasplantadas al invernadero, una vez que alcanzaron un tamaño y desarrollo adecuados. Durante esta etapa, se colocaron dos plantas de cada genotipo por maceta.

5.5. Condiciones experimentales

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo gótico perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro (UAAAN). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar para evaluar el comportamiento de los distintos genotipos.

5.6. Riego y nutrición

Para el manejo nutricional del cultivo, se implementó una solución nutritiva basada en la fórmula Steiner, con algunas modificaciones. El sistema de fertirrigación mantuvo un pH estable entre 5.9 y 6.1, y una conductividad eléctrica que osciló entre 1.5 y 2.7 dS/m. La distribución de la solución se llevó a cabo mediante un sistema de fertirriego automatizado, alimentado por un tanque de 2,500 litros conectado a una bomba con temporizador. El sistema estaba programado para operar diariamente desde las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m., realizando aplicaciones cada hora, con una duración de entre 3 y 5 minutos por riego.

La concentración de la solución nutritiva se ajustó progresivamente conforme avanzaba el desarrollo del cultivo. A partir del trasplante, se comenzó con una concentración al 50%, que se incrementó al 75% hasta alcanzar la etapa de desarrollo vegetativo y alcanzó el 100% en la fase de fructificación, donde la demanda nutricional es más elevada debido a los procesos de floración y formación de frutos.

Adicionalmente, con el objetivo de prevenir la acumulación de sales en el sustrato y mantener un buen equilibrio iónico, una vez por semana se realizó un riego con agua sin fertilizantes.

Tabla 2. Composición Nutricional del Fertiliriego en el Cultivo de Tomate Determinado Bajo Invernadero

Macroelementos mEq L ⁻¹											
SN	H ₂ PO ₄			SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻ y CO ₃ ²⁻		Mg ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	
(%)	Cl ⁻	NO ⁻³	-	2	2	K ⁺	2	2	+	+	
50	3.26	6	0.5	3.5	1	3.5	2	5.5	1	3	
75	3.26	8.6	0.75	5.25	1	5.25	3	8.25	1.5	3	
100	3.26	12	1	7	1	7	4	11	2	3	

Microelementos ppm											
SN (%)	Fe ²⁺	Mn ²⁺	H ₃ BO	Zn ²⁺	Cu ²⁺	MoO ₄ ²⁻	CE dS/m	pH			
50	1.5	0.74	0.14	0.12	0.06	0.04	1.5		5.9-6.1		
75	2.25	1.1	0.21	0.18	0.09	0.06	2.1		5.9-6.2		
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08	2.7		5.9-6.3		

5.7. Labores culturales

A lo largo del ciclo del cultivo de tomate indeterminado, se llevaron a cabo diversas labores culturales orientadas a promover un desarrollo saludable de las plantas, optimizar su rendimiento y prevenir problemas fitosanitarios. Las principales prácticas realizadas fueron las siguientes:

1. Deshierbe manual: se realizó de forma periódica para eliminar malezas que pudieran competir con el cultivo por agua, luz y nutrientes, además de reducir focos de hospedaje para plagas y enfermedades.
2. Tutoreo: debido al crecimiento indeterminado del tomate, se implementó un sistema de tutoreo vertical utilizando rafia, la cual permitió mantener las plantas erguidas, mejorar la aireación y facilitar las labores de manejo.
3. Deshoje y poda de brotes laterales: estas prácticas se efectuaron regularmente para eliminar hojas senescentes y chupones que afectan la ventilación y distribución de luz dentro del follaje, además de favorecer la formación y desarrollo de los racimos florales.

4. Despunte (poda apical): Se aplicó en etapas avanzadas del cultivo para limitar el crecimiento vegetativo y redirigir los recursos hacia la maduración de frutos, mejorando la uniformidad de la producción.
5. Aplicaciones de plaguicidas: Para prevenir la aparición de plagas y enfermedades, se realizaron aplicaciones preventivas con productos específicos, seleccionados de acuerdo con el diagnóstico visual y las condiciones ambientales. Estas aplicaciones permitieron mantener el cultivo en condiciones fitosanitarias óptimas y evitar pérdidas productivas.

5.8. Variables evaluadas

En la evaluación de los ocho genotipos experimentales de tomate determinado, se analizaron distintas variables relacionadas con la calidad y el rendimiento. Entre ellas se incluyeron:

1. Diámetro polar (DP): se midió desde la base del pedúnculo hasta el extremo opuesto del fruto, utilizando un vernier *Esteren®*. Los valores se registraron en milímetros, asegurando consistencia en todas las mediciones.
2. Diámetro ecuatorial (DE): se determinó midiendo la anchura del fruto en su parte media con un vernier *Esteren®*, registrando los datos en milímetros.
3. Grosor del mesocarpio (GM): se midió el espesor de la pulpa en frutos cortados transversalmente por la mitad, utilizando un vernier *Esteren®*, registrando los valores en milímetros.
4. Número de lóculos (NL): se contó el número de cavidades internas de cada fruto, tras realizar un corte longitudinal en la parte media.
5. Sólidos solubles totales (SST °Brix): se extrajo jugo de cada fruto y se colocó una gota en un refractómetro digital portátil *SOONDA® TD6010*, registrando los valores en °Brix.
6. pH: se determinó en el jugo del fruto utilizando un potenciómetro *Yayeri® TPH01137*.
7. Conductividad eléctrica (CE): se midió en el jugo del fruto con un potenciómetro *Yayeri® TPH01137*.

8. Número de frutos por planta (NFP): se contabilizó el total de frutos cosechados por planta de cada genotipo.
9. Rendimiento (kg planta^{-1}): se pesaron los frutos de cada planta con una báscula digital *OHAUS® Scout®-Pro*, sumando los valores de todas las cosechas por planta.
10. Rendimiento en toneladas por hectárea (t ha^{-1}): se calculó multiplicando el peso promedio de frutos por planta por el número de plantas establecidas por hectárea.
11. Peso promedio del fruto (PPF): esta variable se obtuvo dividiendo el peso total de frutos entre el número de frutos cosechados por planta, utilizando una báscula digital *OHAUS® Scout®-Pro*.

5.9. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de tratamientos de bloques completos al azar para evaluar la respuesta de ocho genotipos experimentales de tomate con tres repeticiones cada uno, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre genotipos. Los datos se analizaron con el software Infostat, utilizando la prueba de medias Duncan con un nivel de significancia de $p \leq 0.5$. Esto se realizó un análisis de varianza con el modelo lineal generalizado, representado por la siguiente ecuación del modelo completamente al azar:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable observada del i -ésimo repetición del j -ésimo tratamiento.

μ = efecto de la media general.

T_i = efecto del j -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = efecto del error experimental.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Diámetro polar del fruto

De acuerdo con el análisis de varianza (≤ 0.05) se pudieron apreciar diferencias significativas con respecto al diámetro polar (DP), Figura 3. Donde se muestra superior el genotipo TD-0912 con 82.79. mm seguido por los genotipos TD-0612, TD-0913, TD-0613 con una longitud de 76.15, 74.29, 72.77 mm, mientras tanto los genotipos con menor longitud del fruto fueron TD-0906, TD-0606, TD-0909. El diámetro polar del fruto de tomate es una variable morfológica clave que influye directamente en su calidad comercial, ya que determina el tamaño y la forma del fruto, aspectos esenciales para su aceptación en el mercado. Junto con el diámetro ecuatorial, el diámetro polar define la morfología del fruto, lo que afecta su clasificación y preferencia en los mercados de consumo fresco e industrial (Gonzales., *et al*, 2020). Los resultados de este proyecto son similares al reportado por Molinet y Lescay (2020), quienes evaluaron seis cultivares de tomate cubanos y obtuvieron un valor promedio máximo de 8.21 cm, equivalente a 82.10 mm.

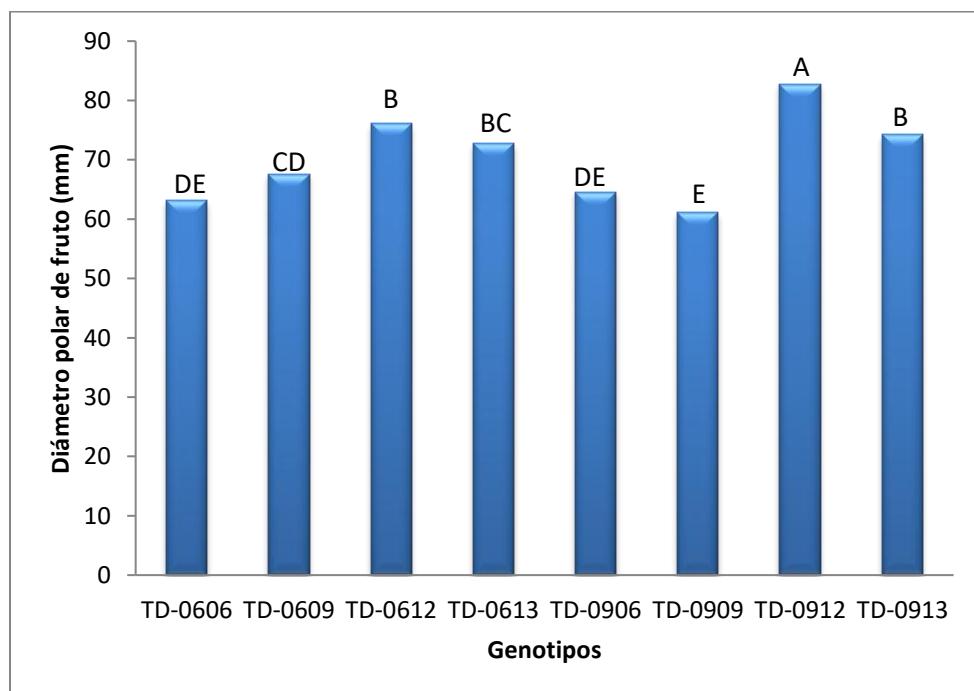


Figura 3. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro polar del fruto, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.2. Diámetro ecuatorial del fruto

Con un ($p \leq 0.05$) apreciamos que existen diferencias significativas para la variable del diámetro ecuatorial (DE), Figura 4. Donde se puede observar que los genotipos TD-0913, TD-0912, TD-0909 fueron los que en menor medida desarrollaron, por otro lado, los genotipos que destacaron en el ancho del fruto fueron TD-0906, TD-0609, TD-0606, TD-0613, TD-0612 con un rango de ancho de 67.65 -64.67 mm. En la actualidad, el diámetro ecuatorial se ha consolidado como un parámetro fundamental para evaluar la calidad de esta hortaliza en los procesos de comercialización, ya que al tener un mayor diámetro suele asociarse con tener frutos con mejor desarrollo, lo que representa un valor añadido tanto para productores como para consumidores (Urrieta., et al, 2012). Datos similares fueron reportados por Salim et al. (2020), quienes registraron diámetros de fruto dentro del rango de 3.63 a 8.15 cm, equivalentes a 36.3 y 81.5 mm, respectivamente.

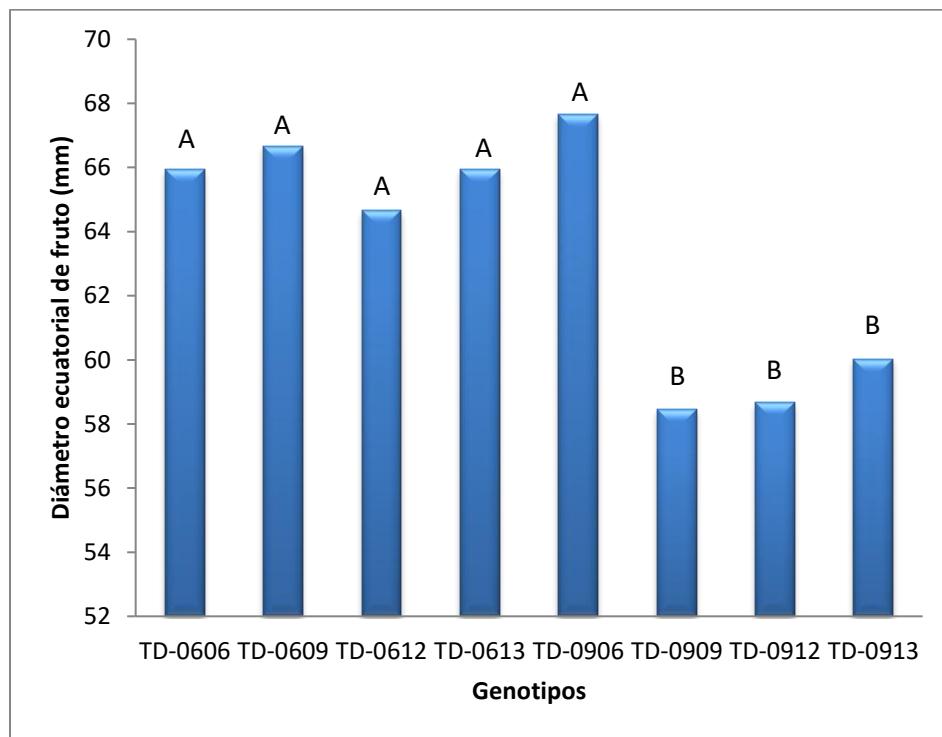


Figura 4. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro ecuatorial del fruto, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.3. Grosor de mesocarpo

Conforme al análisis de varianza ($p \leq 0.05$), apreciamos que existen diferencias significativas en grosor del mesocarpo (GM), Figura 5. En donde se muestra que el genotipo TD-0909 fue el que presento en menor grosor de mesocarpo, con un 8.76 mm, por otro lado, el genotipo con mayor grosor fue, TD-0609 con un grosor de 10.02 mm, seguido por los genotipos TD-0906, TD-0612, TD-0606, TD-0613, TD-0912, con un grosor de 10.897 mm. Un mayor grosor de la pulpa (mesocarpo) contribuye tanto al incremento del peso del fruto como a una mayor proporción de parte comestible, lo que mejora significativamente su calidad. Este engrosamiento del mesocarpo brinda una mejor calidad a los frutos, haciéndolos más codiciados para el consumo en fresco debido a su mayor masa comestible (Jiménez., *et al*, 2015). Esta condición resulta beneficiosa, ya que un pericarpio más grueso puede prolongar la vida postcosecha del fruto, un factor clave para su adecuada comercialización (Maldonado., *et al*, 2023). Este estudio arrojó resultados superiores en comparación con otras variedades analizadas, ya que su registro del grosor máximo de mesocarpo fue de 8.46 milímetros (Gutiérrez, 2018). Este dato es similar al reportado en otro estudio, donde se registró un grosor máximo de 8.25 milímetros (Castillo, 2018).

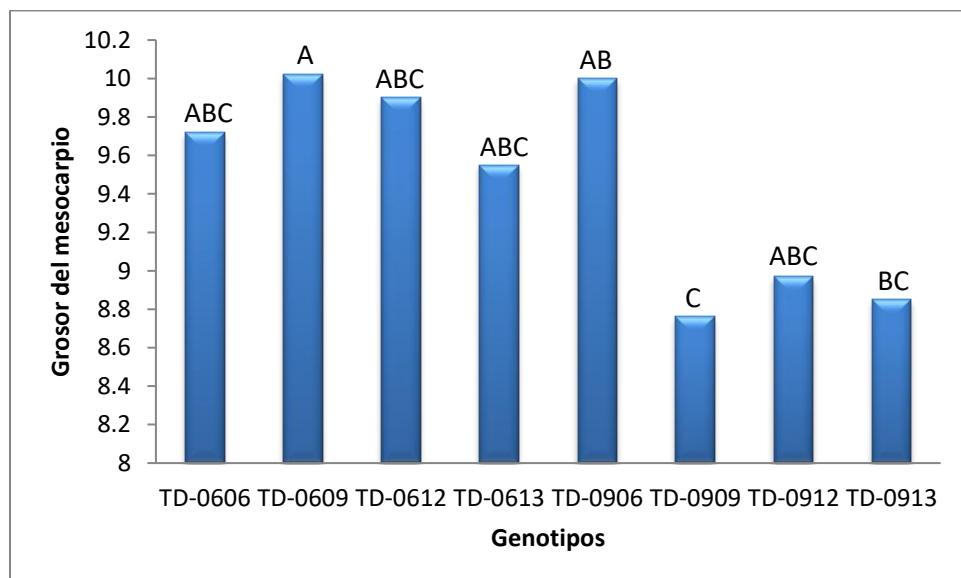


Figura 5. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable del grosor de mesocarpo, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.4. Número de lóculos

De acuerdo con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se pudieron apreciar diferencias significativas con respecto al número de lóculos (NL), Figura 6. Donde se pude observar que el genotipo TD- 0909, fue el que menor número de lóculos presento, con 2.11, al igual que el único que tuvo diferencia con respecto a los demás, ya que los demás genotipos TD- 0606, TD-0612, TD-0912, TD-0613, TD-0913, TD-0609, TD-0906 tuvieron una similitud estadística, con un valor de 2.77, 2.71, 2.69, 2.54, 2.50, 2.48, 2.46. El número de lóculos en los frutos de tomate influye directamente en diversas características agronómicas, como el tamaño del fruto. Según un estudio publicado en una revista científica de Costa Rica, en el que se evaluaron 60 genotipos de tomate bajo condiciones de invernadero, se observó que la mayoría de los genotipos presentaron frutos con solo 2 lóculos, dato similar al de este estudio (Monge, 2015). Por otro lado, Celso (2016) añade que el número de lóculos presentes se encuentra directamente relacionado con la cantidad de semillas presentes en el fruto. En su estudio previo, observó un rango de 2.8 a 5.0 lóculos por fruto. Donde aprecio que los frutos con un menor número de lóculos presentaban una mayor cantidad de semillas, mientras que aquellos con un mayor número de lóculos tendían a contener menos semillas.

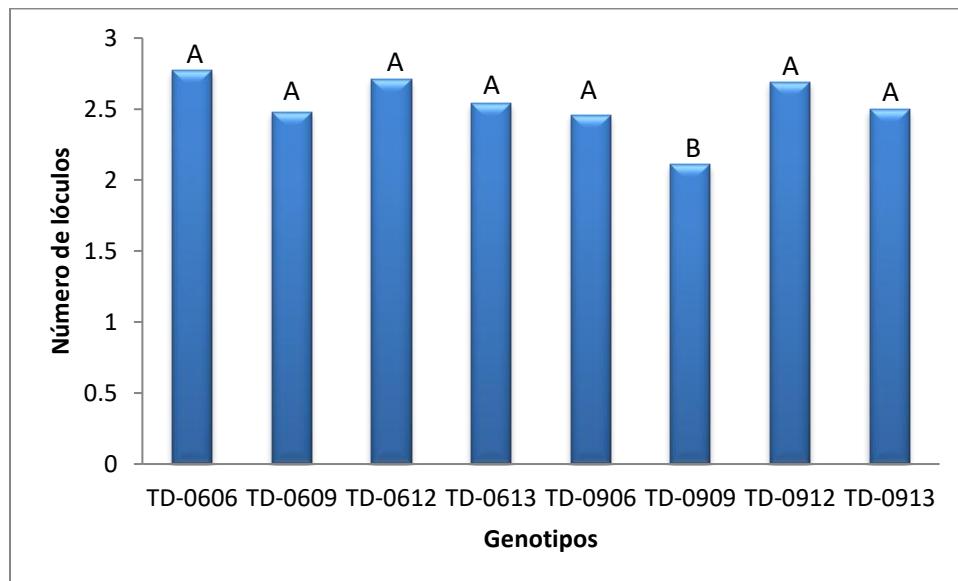


Figura 6. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de lóculos, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.5. Número de frutos por planta

En la variable de rendimiento de frutos por planta (NFP), con un ($p \leq 0.05$), apreciamos que existen diferencias significativas, Figura 7. Donde podemos apreciar que el genotipo TD-0612, fue superior con un promedio de frutos de 26.28, seguido por los genotipos TD-0912, TD-0606, TD-0906, TD-0609, TD-0613, TD-0913, teniendo un rango entre ellas de 25.17- 21.94 frutos por planta. Lo anterior coincide con lo reportado por Chuca (2015), quien al evaluar diez variedades introducidas de tomate obtuvo un promedio general de 26 frutos por planta. El número de frutos por planta está directamente relacionado con el tipo de inflorescencia del cultivo, ya que esta determina cuántas flores y, por consecuencia, cuántos frutos puede desarrollar cada racimo (Gómez, 2021).

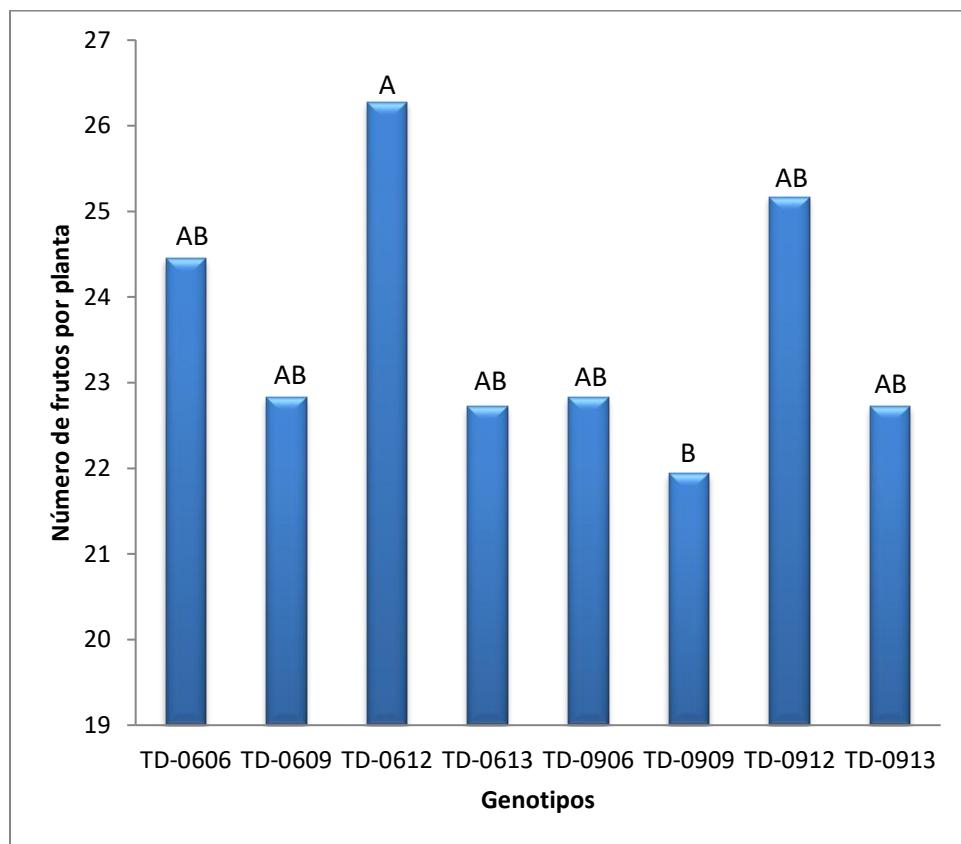


Figura 7. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de frutos por planta, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.6. Peso promedio del fruto

De acuerdo con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se pudieron apreciar diferencias significativas con respecto al peso promedio del fruto (PPF), Figura 8. En el cual se aprecia que el genotipo que presento menor peso en el fruto fue el TD-0909, con un valor promedio de 69.00, por ende, los genotipos que tuvieron mayor peso fueron estadísticamente similares, los cuales fueron TD-0612, TD-0609, TD-0613, TD-0912, TD-0606, TD-0913, TD-0906, con un rango de 98.94 – 86.39 g. El tamaño del fruto, por ende, su peso está directamente relacionado con las condiciones adversas a las que se expone la planta, tales como la temperatura, humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, condiciones hormonales y procesos fisiológicos entre ellos la fotosíntesis y respiración de la planta. En este sentido, los genotipos con una mayor capacidad de actividad fisiológica tienden a acumular más agua y biomasa, lo que se traduce en un mayor peso de frutos por cosecha. (López, 2009). Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con lo reportado por Monge (2014), quien evaluó 14 genotipos de tomate bajo condiciones de invernadero. En su investigación, el autor registró pesos promedio de fruto que oscilaron entre 9.8 y 103.9 g, evidenciando una amplia variabilidad genética entre los materiales analizados.

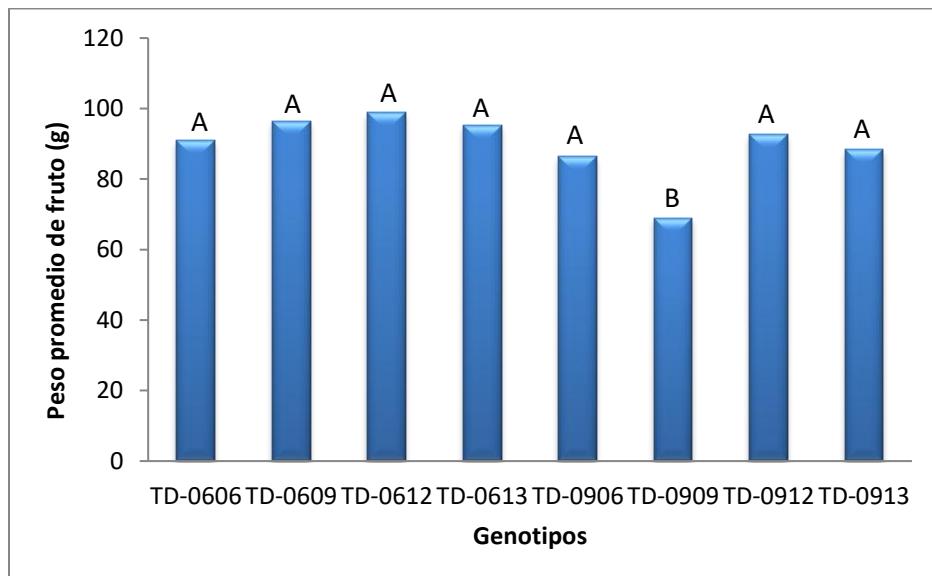


Figura 8. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de peso promedio de fruto, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.7. Rendimiento en kilogramos por planta

Para la variable rendimiento promedio en kilogramo por planta ($p \leq 0.05$), apreciamos que existen diferencias significativas, Figura 9. Donde se puede observar que el genotipo con mejor rendimiento en kilogramo cosechados por planta fue TD-0612 con 2.69 kg, seguido por los genotipos TD-0606, TD-0912, TD-0609, TD-0613, teniendo una rango entre ellas de 2.25 – 2.20 kg, por ende, los genotipos que presentaron menor rendimiento fueron TD-0906, TD-0913, TD-0909. Este dato concuerda con lo reportado por Bayomi *et al.* (2020), quienes evaluaron 12 genotipos de tomate en invernadero durante dos temporadas, obteniendo rendimientos promedio por planta de 2.08 y 2.49 kg en la primera y segunda temporada.

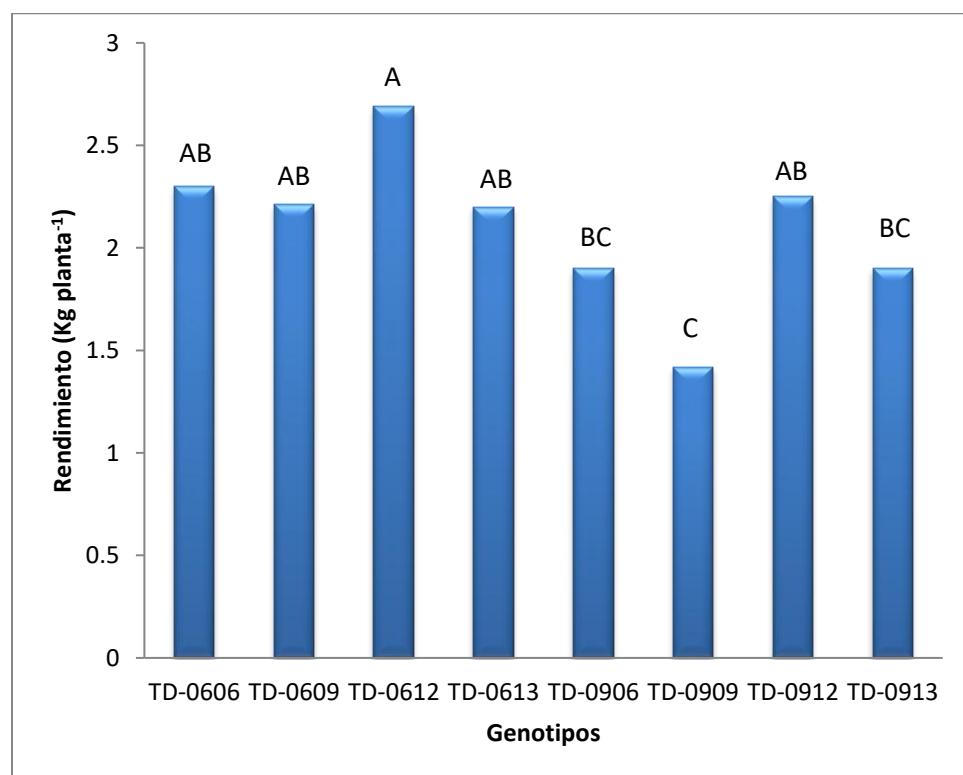


Figura 9. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento promedio en kilogramos por planta, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.8. Rendimiento calculado en toneladas por hectárea

De acuerdo con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se pudieron apreciar diferencias significativas con respecto al rendimiento calculado en toneladas por hectárea ($t \text{ ha}^{-1}$), Figura 10. Donde se aprecia un comportamiento estadísticamente similar al de la variable anterior, ya que el genotipo que destaco fue el TD-0612, con un rendimiento calculado de 93.86 t ha^{-1} , seguido por los genotipos TD-0606, TD-0609, TD-0613, con un rango entre ellas de $82.85 - 79.09 \text{ (t ha}^{-1})$ por lo tanto los genotipos que presentaron menor rendimiento fueron TD-0913, TD-0906, TD-0909 (Tabla 3). Estos datos concuerdan con los reportados por Robles (2018), quien evaluó 9 genotipos y obtuvo promedios de rendimiento, expresados en toneladas por hectárea, que oscilaron entre 124.99 y 61.72.

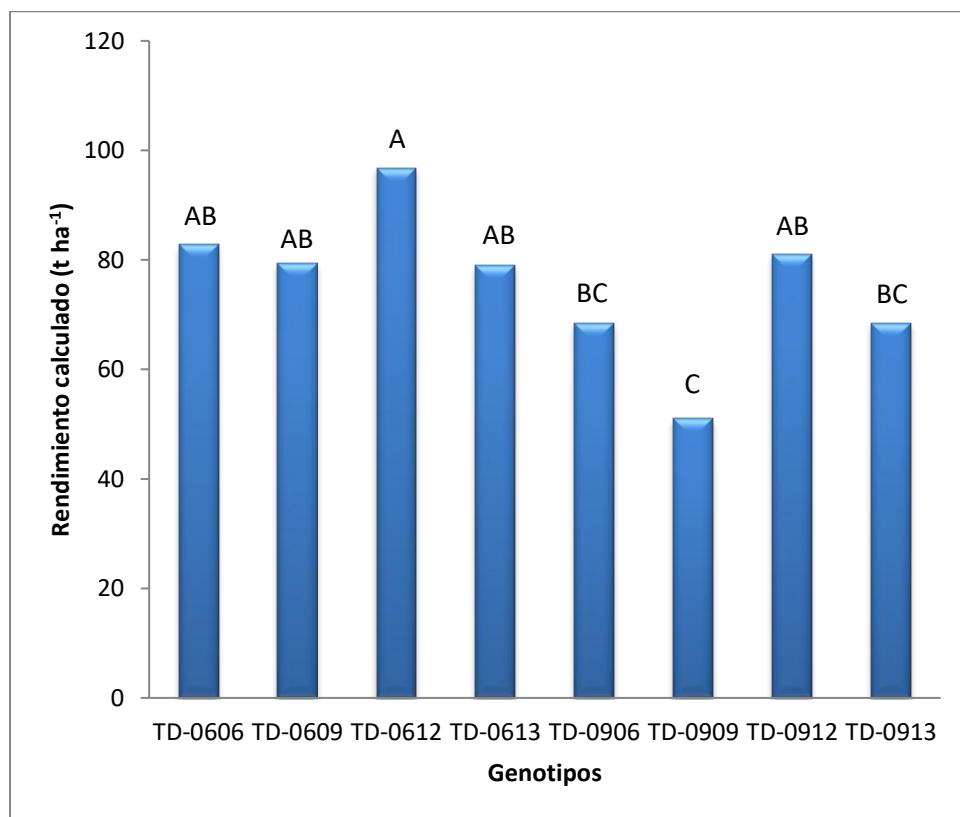


Figura 10. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.9. Solidos solubles totales

Para la variable de sólidos solubles totales (SST) con un ($p \leq 0.05$), apreciamos que existen diferencias significativas, Figura 11. En la cual se puede apreciar que el genotipo que destaco fue TD-0606 con 5.12 °Brix, seguido por los genotipos TD-0906, TD-0609 con 5.03 y 4.89 °Brix, por otro lado, los genotipos con menor contenido de sólidos solubles fueron; TD-0613, TD-0913, TD-0612, TD-0912 con un rango de 4.60 – 4.35. Los sólidos solubles son una variable de gran importancia en la evaluación de los frutos, ya que permiten determinar su sabor. Para lograr un sabor agradable al paladar, es necesario que el fruto presente un equilibrio adecuado entre azúcares y ácidos, con un contenido relativamente alto de ambos. Sin embargo, si el nivel de azúcares es bajo y el de ácidos es elevado, el sabor del fruto tiende a ser excesivamente ácido (San Martín *et al.*, 2012). La acumulación de azúcares ocurre principalmente durante la fase de desarrollo de fruto, en la cual el almidón se convierte y almacena en forma de azúcares dentro de él. Esta concentración de azúcares puede medirse mediante un refractómetro y se expresa en grados Brix (Cortes, 2023). Estos resultados coinciden con lo señalado por Tomalá (2017), quien ubicó sus genotipos dentro de un intervalo de 5.0 a 5.9 grados

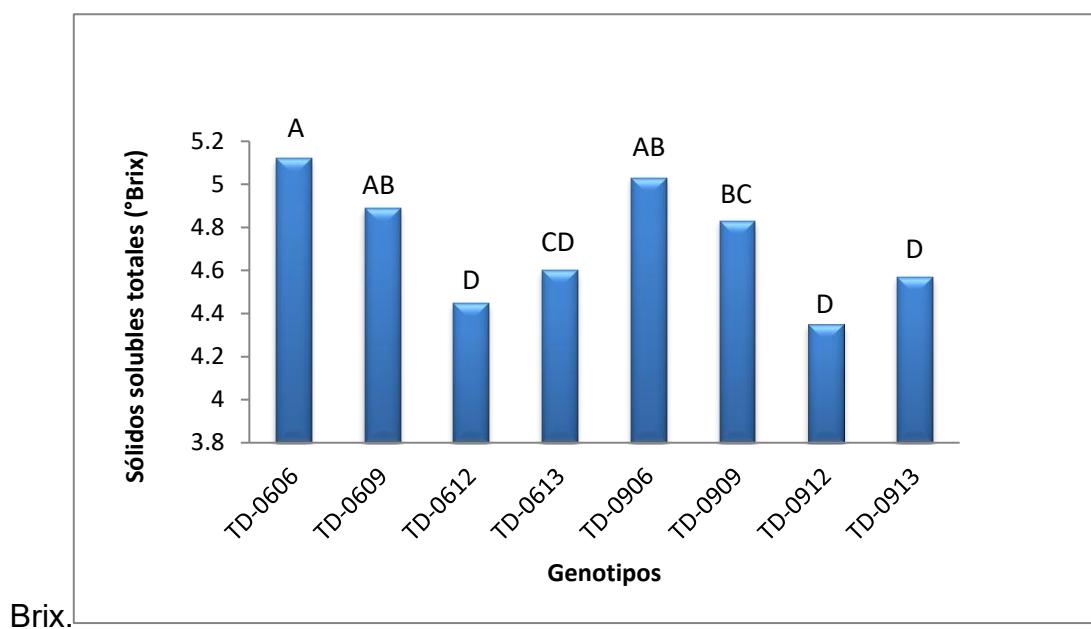


Figura 11. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de sólidos solubles totales, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.10. pH

De acuerdo con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se pudieron apreciar diferencias significativas con respecto al pH del fruto, Figura 12. Donde se puede observar que los genotipos con un pH mayor fueron los; TD-0606 con 5.09, seguido por el genotipo TD-0906 teniendo un valor de 5.00, caso contrario, los genotipos con menor pH fueron los TD-0613, TD-0612, TD-0913, TD-0912, con un rango de 4.53 – 4.3. Este dato concuerda con lo reportado por Ovando *et al.* (2016), quienes evaluaron 44 genotipos de tomate bajo condiciones de invernadero. En su estudio, los valores obtenidos oscilaron entre un máximo de 5.3 y un mínimo de 2.43.

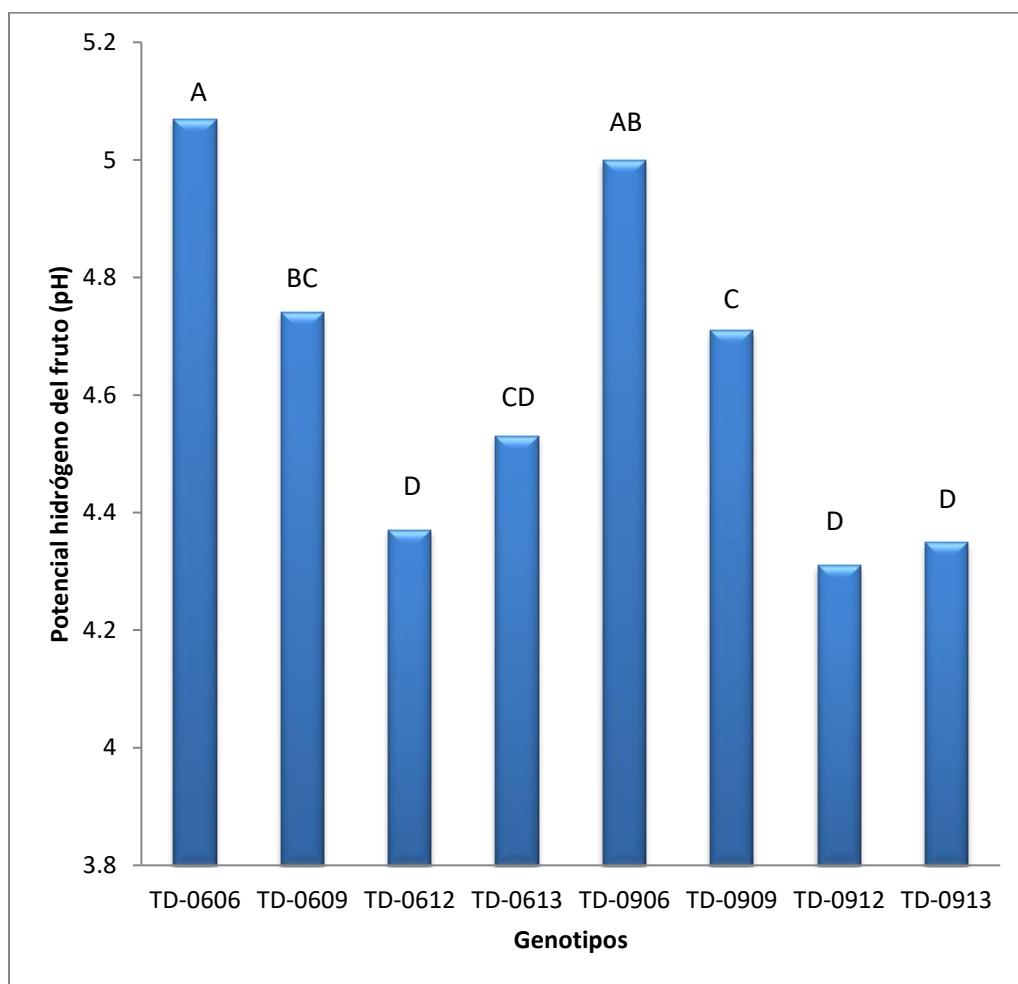


Figura 12. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable PH, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

6.11. Conductividad eléctrica (CE)

De acuerdo con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se pudieron observar diferencias significativas con respecto a la conductividad eléctrica (CE), Figura 13. Donde se aprecia que el genotipo TD-0909, fue el que sobresalió y presentó mayor CE con 674.13 $\mu\text{S}/\text{cm}$, seguido por los genotipos; TD-0913, TD-0906, TD-0609, TD-0613 fueron los que sobresalieron y presentaron mayor CE, con un rango de 613.48 – 570.19 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad eléctrica refleja la concentración global de nutrientes presentes y constituye un factor clave para definir tanto el rendimiento del cultivo de tomate como la calidad de sus frutos. Diversos estudios han demostrado que un aumento en la salinidad del medio favorece la acumulación de azúcares y ácidos orgánicos en el fruto, lo que se traduce en mejoras en sus características sensoriales (Rodríguez, 2015). Los datos de este estudio son similares a los de

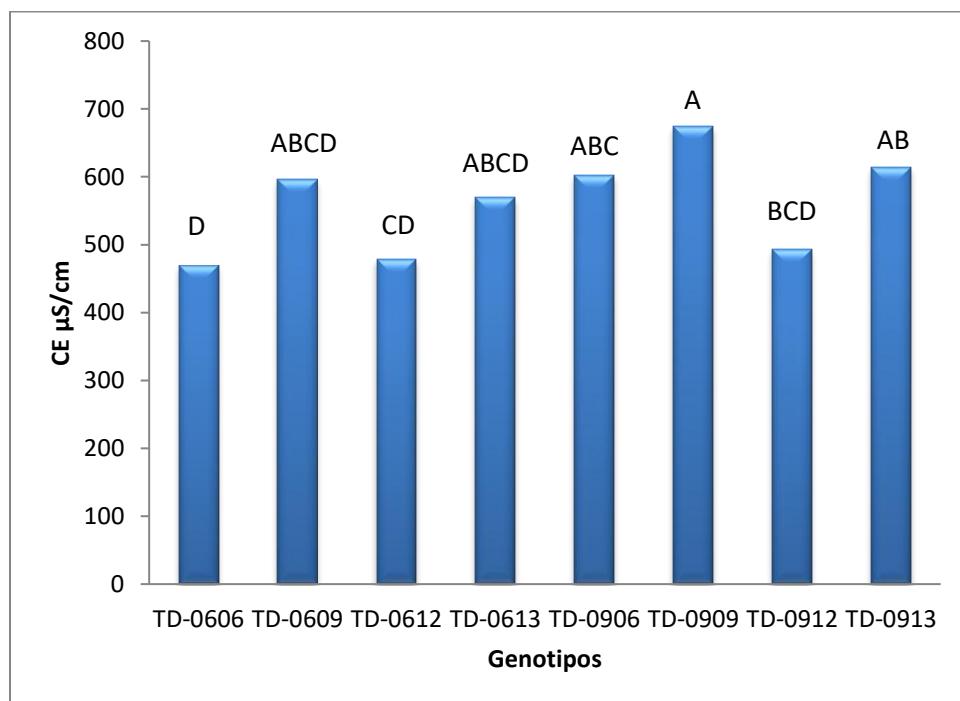


Figura 13. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de conductividad eléctrica, para los 8 genotipos experimentales de tomate determinado, evaluadas en invernadero.

7. CONCLUSIONES

El comportamiento agronómico y fisicoquímico de los genotipos mostraron diferencias significativas, esto evidencia que existe variabilidad genética entre los genotipos evaluados, lo que indica que, cada uno posee características particulares y valiosas que pueden aprovecharse en la generación de nuevos materiales, incorporando aquellas cualidades más favorables, mismos que podrían probarse en otros ambientes de producción para su validación y posible salida a los productores de hortalizas.

Con base en su comportamiento agronómico, el genotipo TD-0912 destacó en el diámetro polar. En cuanto al diámetro ecuatorial, los genotipos sobresalientes fueron TD-0906, TD-0609, TD-0606, TD-0613 y TD-0612. Para el grosor de mesocarpio, destaca el genotipo TD-0609. En las variables de número de lóculos y peso promedio de fruto, los genotipos más sobresalientes fueron TD-0606, TD-0612, TD-0912, TD-0613, TD-0913, TD-0609 y TD-0906. En cuanto el número de frutos por planta el genotipo sobresaliente fue el TD-0612. Finalmente, en rendimiento, tanto en kilogramos por planta como el calculado en toneladas por hectárea, destaca el genotipo TD-0612.

En los parámetros fisicoquímicos, el genotipo que destaca en sólidos solubles fue TD-0606, en pH, el más sobresaliente fue el genotipo TD-0606; mientras que en conductividad eléctrica el que resaltó fue el genotipo TD-0909.

8. LITERATURA CITADA

- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., Rodríguez M., (2021). Comparativa de los Sistemas Hidropónicos como Alternativas Agrícolas en Zonas Urbanas, Revista Minerva de Investigación Científica, Vol. 2, No. 4.
<file:///C:/Users/bibia/Downloads/Dialnet-ComparativaDeLasVentajasDeLosSistemasHidroponicosC-8377962.pdf>
- Angulo, I. y Ortiz, M. (2020). Mejoramiento Genético en Plantas Alógamas y Autógamas. Monografía de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia.
[file:///C:/Users/bibia/Downloads/MonografiamejoramientogeneticodeplantasautogamasyalogamasFitomejoramiento%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/bibia/Downloads/MonografiamejoramientogeneticodeplantasautogamasyalogamasFitomejoramiento%20(1).pdf)
- Aquaah, 2012. Principles of Plant Genetics and Breeding, Browie State University, Maryland, Usa, secod edition, Pag. 669.
<https://archive.org/details/PrinciplesOfPlantGeneticsAndBreeding/page/n669/mode/1up>.
- Arruabarrena, A., González, M., Rubio, L., Giménez G., (2015). Selección Asistida por Marcadores en el Mejoramiento genético de Tomate. biotecnología para el sector productivo. Programa Nacional de producción hortícola. Revista INIA pag.43
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4290/1/Rev.INIA-2015-No40-p.43-46.pdf>
- Bayomi, E., Asharf, B., Saad, M., Reheem, M., Kady, A. (2020), Performance Of Some Tomato Genotypes Under Greenhouse Conditions, Egyptian J. Desert Res., 70, No. 1
https://ejdr.journals.ekb.eg/article_108100_97395815ed70aad0f026523c225bf016.pdf.
- Bebeli, 2010. Phenotypic diversity in Greek tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces Scientia Horticulturae, Vol. 126, No.2
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423810002979>

- Bihon, W., Edoh, K., Baptiste, J., Hanson, P., Ndiaye, K., Srinivasan, R., (2022). Evaluation of Different Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Entries and Varieties for Performance and Adaptation in Mali, West Africa. *Horticulturae*, 8(7), 579. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070579>
- Borunda, A. (2022). ¿Cómo afecta el cambio climático a la producción de tomates? National Geographic, <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/06/como-afecta-el-cambio-climatico-a-la-produccion-de-tomates>
- Camarena, M., Chura, J., Blas, R., (2014). Mejoramiento Genético y Biotecnológico de plantas, AGROBANCO, UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina)
- Ceccarelli, 2015. Efficiency of Plant Breeding, Crop Science, Vol. 55, Pag. 87. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci2014.02.0158>.
- Celso, M. 2016. Función del gen SISPT en el desarrollo del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum*) y su relación con citocininas, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1587/SSIT0014281.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chuca, I. 2015. Evaluación del comportamiento agronómico de diez variedades introducidas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en el municipio de Chimoré del trópico de Cochabamba ciclo otoño-invierno; Tesis Facultad de Agronomía. Cochabamba Bolivia. P.68
- Cortes, M.A, 2023. Asociación de los sólidos solubles totales con la composición y percepción sensorial de tomates tipo “Grape” producidos en dos sustratos orgánicos, Universidad Autónoma de Querétaro, Maestro en Ciencia y Tecnología de alimentos <https://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/9868/1/FQMAC-309131.pdf>
- Cruz, E., Can, A., Sandoval, M., Bugarin, R., Robles, A., Juarez, P. (2013). Sustratos en Horticultura, Revista Biociencias, Pag.19

<http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/719/1/Sustratos%20en%20la%20horticultura.pdf>.

DGSIAP (Dirección General del Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera), 2025. Avances de Siembras y Cosechas
https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/

Escobar, H y Lee, R (2001). Manual de producción de tomate bajo invernadero, 2 nd ed, Universidad de Bogotá
https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_29_-_manual_produccion_de_tomate.pdf#:~:text=Este%20manual%20es%20una%20actualizaci%C3%B3n%20del%20contenido%20tecnol%C3%B3gico,de%20innovaci%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica%20c%C3%B3digo%206587-07-583-97%20cofinanciado%20por%20COLCIENCIAS.

FAO (Foro de Expertos de Alto Nivel), 2009. La Agricultura Mundial en la Perspectiva del Año 2050.

https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2002. Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas, Roma, ISBN 92-5-302719-3.
<https://www.fao.org/4/s8630s/s8630s00.htm#Contents>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2013. El Cultivo de Tomate con Buenas Prácticas agrícolas en la Agricultura Urbana y Periurbana
<https://www.fao.org/4/i3359s/i3359s.pdf>

FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2023. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura), 2019, Panorama agroalimentario, Tomate Rojo <https://sursureste.org.mx/wp-content/uploads/2022/11/Panorama-Agroalimentario-Tomate-rojo-2019.pdf>

Folquer, 1976. El Tomate Estudios de la Planta y su Producción Comercial, Argentina, 1 a ed., hemisferio sur, S.R.L

Fornaris,G. 2007. Características de la Planta, Universidad de Puerto Rico-Recinto Universitario de Mayagüez-Colegio de Ciencias Agrícolas.

<https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Caracter%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2007.pdf>

Fulton, T., y Koebne, R. (2018). Mejoramiento de Plantas; Conceptos y Métodos. Cornell University Plant Breeding department. Pag. 32. https://www.integratedbreeding.net/attachment/1660/PLANT%20BREEDING%20Concepts%20and%20%20Methods_Mayo2018.pdf

Gajghate, R., Chandra, V., Rana, M., Bhardwa, N. (2018). Single Seed Descent (SSD) Method, Readers shelf, No. 14 pag. 26. https://www.researchgate.net/publication/344151386_SSD_method.

Gómez, S., 2021. Evaluación Morfológica y Componentes de Rendimiento de Doce Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Universidad Pública de Alto, Tesis licenciatura <https://repositorio.upea.bo/jspui/bitstream/123456789/1803/1/Tesis%20de%20Grado%20202021%20GOMEZ%20Q.%20SAJIDA.pdf>

González, M., Mazzioni, A., Arruabarrena, A., Lada, J., Vicente, E., Giménez, G. Lenzi, A., (2018). Avances en Mejoramiento Genético de Tomate, Revista INIA, No. 54, Pag. 43. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11264/1/revista-INIA-54-setiembre-2018.-p.42-44.pdf>

González-Molina, Salazar-García, 2020. Comportamiento agronómico de seis cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum L*) con fertilización orgánica y convencional en casa malla, en el Centro Experimental y Validación de Tecnologías (CEVET) - Finca Las Mercedes, UNA, 2017. Universidad Nacional

Agraria.https://repositorio.una.edu.ni/4253/1/tnf01g643a.pdf?utm_source=chatgpt.com

- Goulet, B., Roda, F., Hopkins, R., (2017). Hybridization in Plants: Old Ideas, New Techniques, Plant Physiol. Vol. 173, Pag. 65. [Hybridization in Plants: Old Ideas, New Techniques\[OPEN\]](#)
- Grozeva, S., Nankar, A., Ganeva, D., Tringovska, I., Pasev, G., Kostova., (2020). Characterization of tomato accessions for morphological, agronomic, fruit quality, and virus resistance traits, Canadian Journal of Plant Science. <https://cdnsciencepub.com/doi/full/10.1139/cjps-2020-0030#core-ref56-1>
- Gutiérrez, A., 2018. Factores que Afectan la Producción y Calidad de Semilla en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Cielo Abierto, Bajo Dos Tratamientos Químicos y Tiempos de Fermentación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, licenciatura. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/45650/K%2065675%20Guti%c3%a9rrez%20Villanueva%2c%20Areli.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- <https://doku.pub/documents/mejoramientogeneticoybiotecnologicodeplantaspdf-d0nx6jy8mglz>
- IEQFB (Instituto Europeo de Química, Física y Biotecnología). 2024. ¿Qué es la mejora de cultivos y cuáles son los 3 tipos que existen? <https://ieqfb.com/que-es-mejora-cultivos/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2023. Resultados Definitivos del Censo Agropecuario 2022, Pág. 4 [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022.pdf.](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022.pdf)
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias siglas), 2023. Ecogeografía del jitomate y sus parientes silvestres en México y Latinoamérica. <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/ecogeografia-del-jitomate-y-sus-parientes-silvestres-en-mexico-y-latinoamerica?idiom=es#:~:text=El%20 jitomate%20%28Solanum%20lycopersicum%20L.%29%20es%20una%20especie,4%20especies%20filo>

[gen%C3%A9ticamente%20relacionadas%20con%20distribuci%C3%B3n%20en%20Latinoam%C3%A9rica.](#)

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias siglas), 2023. Mayor Rendimiento en Cultivos de Hortalizas en Invernadero. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/mayor-rendimiento-en-cultivo-de-hortalizas-en-invernadero>

Javadekar, 2016. Biology of *Solanum Lycopersicum* (Tomato) Ministry of Environment, Forest and Climate Change file:///C:/Users/bibia/Downloads/6_Biology_of_Solanum_lycopersicum_Tomato.pdf

Jiménez, M., Terrero, J., González L., Paz, I., Falcón, A., (2015). Evaluación de la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 (*Solanum lycopersicum* L.), Cuba, Feljoo https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/114507390/12-libre.pdf?1715631399=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion_de_la_aplicacion_de_quitosana.pdf&Expires=1744670662&Signature=epmpJbMJGSybVzRYuQTnn7dwqvRINVA0pvOO1PRs2babhS6btuOJXB8XFkmgSwY9GuA5LNuHjNZI444d-4ApqjwDTWX1fyW1vHljx7aUDPZdh9lgZ7V3HdZ9S6tPCJGjyEiRBO8JKWurUSSrXmaUq0oIYZJtf5FA7oHfpdR5bpEFGTzeDH7rkhDdgexyJhf3wmln2Woz5cYGq8p5RnPUUuXJUTYHQpMnLtWZCxvhI3pFzBZuDjNrFsBYLLtJvtssYuixH0TZCor~RQvGTqN69CVJLQOAuEOGxw1RjWzsG6WhZUEoo~~5GR~iFXpzraXn7JESWF3XZUC~BFSIpw &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Jones Jr, 1930. Tomato Plant Culture In the Field, Greenhouse and Home Garden, United States of American, 2 nd ed., CRC Press

Lesur, 2009. Manual del Cultivo de Tomate, México, 1 a ed., Trillas

Lozano, R., Capel, J., Yuste, f., (2024). *Editando el futuro de la mejora genética del tomate*, Centro de Investigación en Agro sistemas Intensivos Mediterráneos y Biotecnología Agroalimentaria (CIAIMBITAL)

<https://www.revistaagricultura.com/UploadedFiles/mejora-genetica-tomate.pdf>

Maldonado, M., Salinas, D., Rojas, A., Hernández, A., Álvarez, P., Maldonado, R., (2023). Agronomic performance of native Mexican tomato (*Solanum lycopersicum L.*) populations, grown under two growing systems. Revista Bio Ciencias, 10 e1413. <https://www.scielo.org.mx/pdf/revbio/v10/2007-3380-revbio-10-e1413-es.pdf>

Molinet y Lescay, 2020. Evaluación Morfológica De Cultivares Cubanos de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en la Provincia de Granma. Mi SciELO, Vol. 41, No. 3 http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000300001&script=sci_arttext.

Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*): Características botánicas. Origen. Chile. Universidad de Chile 13 p. http://www.cepoc.uchi le.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf

Monge, J., 2014. Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 27, Nº 4, Pág. 58-68 <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v27n4/a07v27n4.pdf>

Monge-Pérez, 2015. Evaluación de 60 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Cultivados Bajo Invernadero en Costa Rica, InterSedes, Vol. XVI., pág. 97. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v16n33/a06v16n33.pdf>

Muñoz, 2011. Mejoramiento genético: la base del desarrollo agrícola, Universidad de Chile, *Facultad de Ciencias agronómicas*, 11-32. <https://uchile.cl/dam/jcr:a221ed2b-cafe-46c6-9563-ae57380a7bae/carlosmuoz.pdf>

ONU (Organización de Naciones Unidas), 2022. Desafíos Globales; población <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Ouyang, Z., J. Tian, X. Yan, y H. Shen. 2021. Effects of different concentrations of dissolved oxygen on the growth, photosynthesis, yield and quality of greenhouse tomatoes and changes in soil microorganisms. Agricultural Water Management, 245, 106579.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03783774203212>

60

Ovando, G., Borrego, F., Lopez, A., Benavides, A., Murillo, M., (2016). Formation and selection of outstanding genotypes of tomato *Solanum lycopersicum* L. based on characteristics of yield and fruit quality, at greenhouse, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Vol. 13, Núm. 1. http://www.repositorio.aaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/50406/01agraria_eneroabril2016_web1-5-10.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Quirós, 2022. Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum*) Guía técnica, INTA(Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

https://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Tomate_Edit.pdf

REBIOL (Revista de investigación científica), 2021. Mejoramiento Genético en Plantas Autógamas, Vol. 41, Núm. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.14>

Robles, 2018. Variación Genotípica en Rendimiento y Calidad de Fruto de Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en Diferentes Ambientes, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Tesis maestría <http://www.repositorio.aaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45479/Robles%20Salazar%20Ver%c3%b3nica%20Guadalupe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Rodríguez *et al.*, 2001. Cultivo Moderno del Tomate, Barcelona, 2 nd ed., Ediciones Mundi-prensa

Rodríguez, M. 2015. Efecto de las condiciones ambientales sobre la conducta agronómica, calidad y capacidad antioxidante de tomate cultivado bajo diferentes materiales de cubierta. Universidad Católica de Murcia. <file:///C:/Users/bibia/Downloads/Marta%20Rodriguez%20Alburquerque.pdf>.

Saavedra del R., G & González Y., M. 2005. Seminario Internacional Producción de Tomate para Procesamiento. Santiago, Chile: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, no. 32. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/8472>

Saavedra del R., G, Jana A., C & Kehr M., E. 2019. Hortalizas para procesamiento agroindustrial. Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, no. 411. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6818>

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), 2019. Producción de jitomate en invernadero <https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/produccion-de-jitomate-en-invernadero?idiom=es>

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), 2025. Redes colaborativas para transformar el cultivo de tomate rojo, <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/redes-colaborativas-para-transformar-el-cultivo-de-tomate-rojo>

SADER (Secretaría de Desarrollo Rural) 2020. Variedades vegetales, camino a una mejor y mayor producción. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/100727>

SADER (Secretaría de Desarrollo Rural), 2022. El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es#:~:text=El%20jitomate%20es%20uno%20de,B1%2C%20B2%2C%20y%20C.>

SADER (Secretaría de Desarrollo Rural), 2023, Hablemos de... la agricultura en México (Parte 1) <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hablemos-de-la-agricultura-en-mexico-parte-1>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2017. Jitomate Mexicano <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>

- Salas Gómez, A. L., Osorio Hernández, E., Espinoza Ahumada, C. A., Rodríguez Herrera, R., Segura Martínez, M. T. de J., Ramírez, E. N., & Estrada Drouaillet, B. (2022). Principales enfermedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de campo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4190-4210. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1793
- Salim, M. M. R., Rashid, M. H., Hossain, M. M., & Zakaria, M. (2020). Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* (Online), 19(3), 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.11.001>
- San Martín, C., Ordaz, V., Sánchez, P., Bery, M., Borges, L., (2012). Calidad de Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Producido en Hidroponía con Diferentes Granulometrías de Tezontle, *Agrociencia*, Vol. 46, No. 3 pág. 254 <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n3/v46n3a4.pdf>
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta), 2024
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquería), 2022. Escenario mensual de productos agroalimentarios Dirección de Análisis Estratégico, Tomate rojo (Jitomate) https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732608/Jitomate_Mayo.pdf
- Torres, 2017. Manual de Cultivo del Tomate Bajo invernadero, avances (Instituto de investigación Agropecuaria, No. 12, Pag. 15, <https://ia800604.us.archive.org/21/items/12ManualDeTomateInvernadero/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>
- Tracy, 2009. Tomato Culture: A Practical Treatise on the Tomato, *Bureau of Plant Industry, United States Department of Agriculture* <https://dn790007.ca.archive.org/0/items/tomatoculturepra00traciala/tomatoculturepra00traciala.pdf>
- Urrieta, J., Rodríguez, M., Ramírez P., Baca, G., Ruiz, L., Cueto, J., (2012). Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.), *Revista Chapingo Serie horticultura*,

vol. 18, pag 377.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v18n3/v18n3a10.pdf>

Vallejo, F. y Estada, E., (2013). Mejoramiento Genético de Platas, Universidad Nacional; Sede Palmira, 2^a. Ed.

<https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=uJjGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=tipos+de+mejoramiento+gen%C3%A9tico&ots=E-W-I-9->

[https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=uJjGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=tipos%20de%20mejoramiento%20gen%C3%A9tico&f=false.](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=uJjGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=tipos+de+mejoramiento+gen%C3%A9tico&ots=E-W-I-9-)

Vargas, S. (2025). La producción alimentaria en riesgo. la jornada

<https://www.jornada.com.mx/2025/01/31/politica/012a1pol>